

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

INVENTOR(S): Tetsuya INUI, et al.

APPLICANT: Sharp Kabushiki Kaisha

U.S.S.N.: Not Yet Assigned

ART UNIT: Not Yet Assigned

FILED: HERewith

EXAMINER: Not Yet Assigned

FOR: CRYSTAL GROWTH APPARATUS AND CRYSTAL GROWTH METHOD FOR  
SEMICONDUCTOR THIN FILM

\*\*\*\*\*

**CERTIFICATE OF EXPRESS MAILING (Label No.: EV 438989801 US)**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. section 1.10, on February 27, 2004 and is addressed to Mail Stop MISSING PARTS, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Arlington, VA 22313-1450.

By: 

Nicole M. McKinnon

\*\*\*\*\*

Mail Stop PATENT APPLICATION  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Arlington, VA 22313-1450

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPIES**

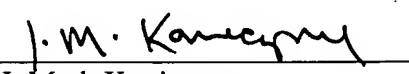
Sir:

Attached please find two certified copies of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country: JAPAN  
Application No.: 2003-053376  
Filing Date: 28 February 2003

Respectfully submitted,

Date: February 27, 2004  
Customer No.: 21874

  
J. Mark Konieczny  
Reg. No.: 47,715  
EDWARDS & ANGELL, LLP  
P.O. Box 55874  
Boston, MA 02205  
Tel: (617) 517-5535  
Fax (617) 439-4170

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 2 8 日  
Date of Application:

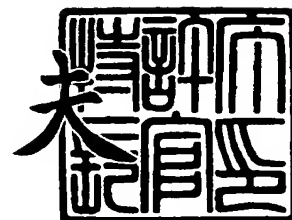
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 5 3 3 7 6  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 0 5 3 3 7 6 ]

出   願   人            シャープ株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年   1 月 2 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号   出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 3 3 0 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 1021963

【提出日】 平成15年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/268  
H01L 21/20  
H01L 29/786  
H01J 37/30

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 乾 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 谷口 仁啓

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 関 政則

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064746

【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100085132

【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 俊雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100083703

【弁理士】

【氏名又は名称】 仲村 義平

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100096781

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀井 豊

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100098316

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 久登

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109162

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 將行

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208500

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体薄膜の結晶成長装置および結晶成長方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基材上に成膜された半導体薄膜にレーザ光を照射することにより、前記基材の主表面と略平行方向に前記半導体薄膜を結晶成長させる半導体薄膜の結晶成長装置であって、

前記半導体薄膜に選択的に第 1 のレーザ光を照射し、前記半導体薄膜の結晶化予定領域を溶融させる第 1 照射手段と、

前記基材に選択的に前記第 1 のレーザ光よりも前記半導体薄膜を透過し易い第 2 のレーザ光を照射し、前記半導体薄膜の前記結晶化予定領域を含む領域に対応する位置の前記基材を加熱する第 2 照射手段とを備え、

前記第 2 照射手段は、前記第 2 のレーザ光を出射する光源と、前記第 2 のレーザ光が照射されて所望のアパーチャ像を成形する開口絞り板と、前記アパーチャ像を前記基材の主表面に結像する対物レンズとを有する、半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 2】 前記第 2 照射手段は、前記開口絞り板の前記光源側に配置され、かつ透過した前記第 2 のレーザ光が光軸と垂直な面において均一な放射照度分布となるように前記第 2 のレーザ光を調整する放射照度分布均一化手段をさらに有する、請求項 1 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 3】 前記第 2 のレーザ光が前記基材の主表面に斜入射されるように、前記第 2 照射手段が構成されており、

前記対物レンズは、前記斜入射される第 2 のレーザ光の光軸に略垂直に配置され、

前記開口絞り板は、前記アパーチャ像の像面が前記基材の主表面と実質的に重なるように、前記斜入射される第 2 のレーザ光の光軸に対して傾斜して配置されている、請求項 1 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 4】 前記基材の主表面に結像される前記アパーチャ像が矩形となるように、前記開口絞り板に設けられた開口の形状が台形に調整されている、請求項 3 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 5】 前記第 2 のレーザ光が前記基材の主表面に斜入射されるように、前記第 2 照射手段が構成されており、

前記対物レンズおよび前記開口絞り板は、前記基材の主表面と略平行に配置されている、請求項 1 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 6】 前記第 2 照射手段は、前記開口絞り板の前記光源側に配置され、かつ透過した前記第 2 のレーザ光が光軸と垂直な面において均一な放射照度分布となるように前記第 2 のレーザ光を調整する放射照度分布均一化手段をさらに有する、請求項 3 から 5 のいずれかに記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 7】 前記第 2 照射手段は、前記開口絞り板と略平行に配置され、かつ前記放射照度分布均一化手段から出射される前記第 2 のレーザ光を前記開口絞り板に対して斜入射させるように前記第 2 のレーザ光の照射方向を変更する照射方向変更手段をさらに有する、請求項 6 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 8】 前記照射方向変更手段は、プリズムである、請求項 7 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 9】 前記照射方向変更手段は、レンズである、請求項 7 に記載の半導体薄膜の結晶成長装置。

【請求項 10】 基材上に成膜された半導体薄膜にレーザ光を照射することにより、前記基材の主表面と略平行方向に前記半導体薄膜を結晶成長させる半導体薄膜の結晶成長方法であって、

前記半導体薄膜に選択的に第 1 のレーザ光を照射し、前記半導体薄膜の結晶化予定領域を溶融させる工程と、

前記基材に選択的に前記第 1 のレーザ光よりも前記半導体薄膜を透過し易い第 2 のレーザ光を開口絞り板を介して照射し、前記半導体薄膜の前記結晶化予定領域を含む領域に対応する位置の前記基材に前記開口絞り板によって成形されたアパーチャ像を結像することにより、前記基材を加熱する工程とを備える、半導体薄膜の結晶成長方法。

【請求項 11】 前記第 2 のレーザ光の照射時間は、前記第 1 のレーザ光の照射時間よりも長く、かつ前記第 2 のレーザ光の照射期間は、前記第 1 のレーザ光の照射期間と同時に照射される期間を含む、請求項 10 に記載の半導体薄膜の

結晶成長方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ光などのエネルギービームを用いた半導体薄膜の結晶成長装置および結晶成長方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、パーソナルコンピュータや携帯電話機の表示ディスプレイなどに、液晶や有機エレクトロルミネッセンス（有機EL）を用いた平面型の表示装置が多く用いられている。この液晶や有機ELを利用した表示装置では、画素の表示をスイッチングするために、非晶質または多結晶のシリコンを活性層として用いた薄膜トランジスタが用いられる。具体的には、ガラス基板上にこれら薄膜トランジスタを形成し、さらに液晶デバイスや有機ELデバイスをこのガラス基板上に形成することにより、薄型でかつ軽量の表示装置が製造可能になる。

【0 0 0 3】

このうち、多結晶シリコン薄膜を用いて形成された薄膜トランジスタは、非晶質シリコンを用いて形成された薄膜トランジスタよりもキャリア（電子）の移動度が高いため、非晶質シリコンを用いて形成された薄膜トランジスタに比べて多くの長所を有している。

【0 0 0 4】

たとえば、キャリアの移動が高いため、高性能のトランジスタを製作することが可能となる。このため、画素部分にスイッチング素子を形成するだけでなく、画素の周辺領域に高性能なトランジスタを必要とする駆動回路や画像処理回路を形成することが可能になる。この結果、別途ドライバIC（Integrated Circuit）や回路基板をガラス基板上に実装する必要がなくなり、表示装置を低価格で提供することが可能になる。

【0 0 0 5】

また、その他の長所として、トランジスタの寸法を微細化することが可能であ

り、画素部分に形成するスイッチング素子を小さくすることができるため、開口率を高くすることが可能である。この結果、高輝度および高精度の表示装置を提供することが可能になる。

#### 【0 0 0 6】

多結晶シリコン薄膜を製造する場合には、一般的にガラス基板にCVD（化学気相成長法）などで非晶質シリコン薄膜を形成した後に、この非晶質シリコン薄膜を多結晶化する方法が用いられる。

#### 【0 0 0 7】

非晶質シリコン薄膜を多結晶化する方法としては、基材全体を600℃から1000℃以上の高温に保ち、非晶質シリコン薄膜を熔融させて再結晶化するアニール法がある。この場合には、600℃以上の高温に耐え得る基材を使用する必要があり、高価な石英基板を用いざるを得ず、装置の低価格化の阻害要因となっていた。

#### 【0 0 0 8】

しかしながら、近年では、レーザ光を用いて600℃以下の低温で非晶質シリコンの多結晶化を行う技術が一般化されており、低価格のガラス基板を用いて非晶質シリコン薄膜を多結晶化することが可能となっている。

#### 【0 0 0 9】

レーザ光を用いた結晶化技術においては、非晶質シリコン薄膜が形成されたガラス基板を温度400℃程度に加熱し、ガラス基板を一定速度で走査しながら長さ200mmから400mm、幅0.2mmから1.0mm程度の線状ビームを非晶質シリコン薄膜に照射する方法が一般的である。この方法によれば、結晶粒径が0.2μm程度から0.5μm程度の結晶粒が得られる。

#### 【0 0 1 0】

なお、レーザ光を照射した部分の非晶質シリコン薄膜は、薄膜の厚さ方向全域にわたって熔融するのではなく、一部の非晶質領域を残した状態で熔融する。このため、レーザ光の照射領域全域にわたって至るところに結晶核が発生し、シリコン薄膜の最表面に向かって結晶が成長し、ランダムな方位の結晶粒が形成される。

**【0 0 1 1】**

しかしながら、この方法によれば、多数の結晶粒がガラス基板上に形成されるため、薄膜中には無数の粒界が存在することになる。このため、この多結晶シリコン薄膜にトランジスタを形成した場合には、キャリアが粒界に散乱されて移動度が低下し、単結晶シリコン基板に比べると、数分の一程度の移動度しか得られない。このため、より高性能のトランジスタを得るためには、多結晶シリコン薄膜の結晶粒径を大きくするとともに、結晶方位を制御することが必要となる。このため、近年においては、単結晶シリコンに近いシリコン薄膜を得ることを目的として、数多くの研究開発がなされている。

**【0 0 1 2】**

その中に、特開平 1 1 - 3 0 7 4 5 0 号公報（特許文献 1）や特開昭 5 8 - 2 0 1 3 2 6 号公報（特許文献 2）などに開示の技術がある。これらの公報に開示された技術では、非晶質シリコン薄膜を溶融されるためのレーザ光に加え、ガラス基板を加熱するためのレーザ光が用いられる。これにより、ガラス基板を局所的に加熱することが可能になるため、従来よりも大型の結晶粒を得ることが可能となる。しかしながら、これら公報に開示の技術を用いても劇的に結晶粒を大きくすることはできず、さらなる研究開発が必要である。

**【0 0 1 3】**

一方、特表 2 0 0 0 - 5 0 5 2 4 1 号公報（特許文献 3）には、スーパーラテラル成長法と称する技術が開示されている。この公報に開示の結晶成長方法では、スリット状のパルスレーザをシリコン薄膜に照射し、シリコン薄膜をレーザ照射領域の厚さ方向全域にわたって溶融および凝固させて結晶化を行なうものである。以下、このスーパーラテラル成長法について、図を参照して詳細に説明する。

**【0 0 1 4】**

図 1 8 は、1 回のパルス照射で形成された針状結晶組織を説明する模式図である。たとえば、幅が  $2\ \mu\text{m}$  ～  $3\ \mu\text{m}$  のスリット状のパルス照射によって、結晶化予定領域 2 2 が溶融し、溶融領域の境界から横方向、すなわち、ガラス基板の主表面に平行な方向（矢印 2 4 で示す方向）に結晶が成長し、溶融領域の中央部で

両側から成長した結晶が衝突し、成長が終了する。この矢印 2 4 で示す方向への結晶の成長をスーパーラテラル成長と称する。この方法を用いた場合に形成可能な結晶の長さは、各種のプロセス条件によって異なるが、たとえば、基板温度 3 0 0 ℃にて波長 3 0 8 n m のエキシマレーザ光を用いた場合に、最長 1 . 2  $\mu$  m 程度の結晶が得られることが知られている（非特許文献 1 参照）。

#### 【0 0 1 5】

さらに、結晶長を長くする方法として、複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法がある。この複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法においては、1 回前のレーザ照射で形成された針状結晶の一部に重複するように順次レーザパルス照射を照射する。これにより、既に成長した結晶を引き継いでさらに長い針状の結晶が成長する。この結果、1 回のパルス照射による結晶化に比して大型でかつ結晶の成長方向に方位の揃った針状結晶粒を容易に得られるようになる。

#### 【0 0 1 6】

この場合、前述のような 1 . 2  $\mu$  m 程度の結晶が 1 回の照射で得られると仮定したならば、照射するスリットを 0 . 6  $\mu$  m 程度ずつずらせて照射を繰り返すことにより、ずらすことによって結晶成長が引き継がれる回数にもよるが、5  $\mu$  m 程度から 1 0  $\mu$  m 程度の結晶を得ることができると思われる。

#### 【0 0 1 7】

##### 【特許文献 1】

特開平 1 1 - 3 0 7 4 5 0 号公報

#### 【0 0 1 8】

##### 【特許文献 2】

特開昭 5 8 - 2 0 1 3 2 6 号公報

#### 【0 0 1 9】

##### 【特許文献 3】

特表 2 0 0 0 - 5 0 5 2 4 1 号公報

#### 【0 0 2 0】

##### 【非特許文献 1】

原亜明人、佐々木信夫，「ガラス上のシリコンの核形成サイトと凝固方向制御－単結晶シリコン S i - T F T 形成を目指して」，応用物理学会結晶工学分科会第 1 1 2 回研究会テキスト，応用物理学会結晶工学分科会，平成 1 2 年 6 月 2 0 日，p. 1 9 - 2 5

#### 【 0 0 2 1 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のいずれかの技術を用いた場合にも形成される結晶粒の大きさは、依然として十分なものではない。

#### 【 0 0 2 2 】

したがって、本発明は、より大きな結晶粒を有する多結晶半導体薄膜が容易にかつ安定的に得られる半導体薄膜の結晶成長装置および結晶成長方法を提供することを目的とし、特にスーパーラテラル成長法において、一回のレーザ光の照射で得られる結晶粒の大きさを大幅に大きくすることが可能な半導体薄膜の結晶成長装置および結晶成長方法を提供することを目的とする。

#### 【 0 0 2 3 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置は、基材上に成膜された半導体薄膜にレーザ光を照射することにより、基材の主表面と略平行方向に半導体薄膜を結晶成長させる半導体薄膜の結晶成長装置であって、第 1 照射手段と、第 2 照射手段とを備える。第 1 照射手段は、半導体薄膜に選択的に第 1 のレーザ光を照射し、半導体薄膜の結晶化予定領域を熔融させる手段である。第 2 照射手段は、基材に選択的に第 1 のレーザ光よりも半導体薄膜を透過し易い第 2 のレーザ光を照射し、半導体薄膜の結晶化予定領域を含む領域に対応する位置の基材を加熱する手段である。このうち、第 2 照射手段は、第 2 のレーザ光を出射する光源と、第 2 のレーザ光が照射されて所望のアパーチャ像を成形する開口絞り板と、アパーチャ像を基材の主表面に結像する対物レンズとを有している。

#### 【 0 0 2 4 】

このように、半導体薄膜を熔融させる第 1 照射手段に加え、熔融した半導体薄膜の固化を遅延させる第 2 照射手段を用いてスーパーラテラル成長を行うことに

より、半導体薄膜の結晶化を遅延させることが可能になる。このため、形成される結晶の大きさを大幅に大きくすることが可能になる。また、開口絞り板を用いてアパーチャ像を成形することにより、基材に照射される第2のレーザ光の照射領域を適正化することが可能になる。このため、基材の照射領域全域をにわたって一様に第2のレーザ光を照射することが可能になり、基材の照射領域全域を一様に加熱することが可能になる。この結果、半導体薄膜中に形成される結晶粒を容易に大型化することが可能になる。

#### 【0025】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、第2照射手段は、開口絞り板の光源側に配置されかつ透過した第2のレーザ光が光軸と垂直な面において均一な放射照度分布となるように第2のレーザ光を調整する放射照度分布均一化手段をさらに有していることが好ましい。

#### 【0026】

このように、基材を加熱する第2照射手段に放射照度均一化手段を設けることにより、照射領域全域にわたって一様に基材を加熱することが可能となり、安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。

#### 【0027】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、第2のレーザ光が基材の主表面に斜入射されるように第2照射手段が構成されており、対物レンズは、斜入射される第2のレーザ光の光軸に略垂直に配置され、また開口絞り板は、アパーチャ像の像面が基材の主表面と実質的に重なるように、斜入射される第2のレーザ光の光軸に対して傾斜して配置されていることが好ましい。

#### 【0028】

このように、第2のレーザ光が斜入射される場合に、アパーチャ像の像面と基材の主表面とが実質的に重なるように構成することにより、照射領域全域にわたって一様に基材を加熱することが可能となり、安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。

#### 【0029】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、基材の主表面に結像されるアパーチャ像が矩形となるように、開口絞り板に設けられた開口の形状が台形に調整されていることが好ましい。

#### 【0030】

このように、第2のレーザ光が斜入射される場合に、第2照射手段による照射領域が矩形となるように調整することにより、複数回のパルス照射を用いて持続的に結晶を成長させた場合にも基材を一様に加熱することが可能となり、安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。

#### 【0031】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、第2のレーザ光が基材の主表面に斜入射されるように、第2照射手段が構成されており、対物レンズおよび開口絞り板は、基材の主表面と略平行に配置されていることが好ましい。

#### 【0032】

このように構成することにより、照射領域全域にわたって一様に基材を加熱することが可能となるため、安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。

#### 【0033】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置のうち、基材の主表面に対して第2のレーザ光が斜入射される半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、第2照射手段は、開口絞り板の光源側に配置されかつ透過した第2のレーザ光が光軸と垂直な面において均一な放射照度分布となるように第2のレーザ光を調整する放射照度分布均一化手段をさらに有していることが好ましい。

#### 【0034】

このように、第2のレーザ光が斜入射される場合にあっては、基材を加熱する第2照射手段に放射照度均一化手段を設けることにより、照射領域全域にわたって一様に基材を加熱することが可能となり、安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。

#### 【0035】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置のうち、基材の主表面に対して

第 2 のレーザ光が斜入射される半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、第 2 照射手段は、開口絞り板と略平行に配置されかつ放射照度分布均一化手段から出射される第 2 のレーザ光を開口絞り板に対して斜入射させるように第 2 のレーザ光の照射方向を変更する照射方向変更手段をさらに有していることが好ましい。

#### 【0 0 3 6】

このように構成することにより、開口絞り板が第 2 のレーザ光の光軸に対して傾斜して配置された場合にも、放射照度分布の均一化が図られるため、照射領域全域にわたって一様に基材を加熱することが可能となり、安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。なお、上記の照射方向変更手段を有する半導体薄膜の結晶成長装置にあっては、たとえば、照射方向変更手段がプリズムまたはレンズのいずれかであることが好ましい。

#### 【0 0 3 7】

本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長方法は、基材上に成膜された半導体薄膜にレーザ光を照射することにより、基材の主表面と略平行方向に半導体薄膜を結晶成長させる半導体薄膜の結晶成長方法であって、以下の工程を備えている。

(a) 半導体薄膜に選択的に第 1 のレーザ光を照射し、半導体薄膜の結晶化予定領域を溶融させる工程。

(b) 基材に選択的に第 1 のレーザ光よりも半導体薄膜を透過し易い第 2 のレーザ光を開口絞り板を介して照射し、半導体薄膜の結晶化予定領域を含む領域に対応する位置の基材に開口絞り板によって成形されたアパーチャ像を結像することにより、基材を加熱する工程。

#### 【0 0 3 8】

このように、半導体薄膜を溶融させるための第 1 のレーザ光の照射工程に加え、溶融した半導体薄膜の固化を遅延させるための第 2 のレーザ光の照射工程をさらに具備することにより、半導体薄膜の結晶化を遅延させることが可能になり、形成される結晶の大きさを大幅に大きくすることが可能になる。また、開口絞り板を用いてアパーチャ像を成形することにより、基材に照射される第 2 のレーザ光の照射領域を適正化することが可能になる。このため、基材の照射領域全域を

にわたって一様に第 2 のレーザ光を照射することが可能になり、基材の照射領域全域を一様に加熱することが可能になる。この結果、半導体薄膜中に形成される結晶粒を容易に大型化することが可能になる。

#### 【 0 0 3 9 】

上記本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長方法にあつては、たとえば、第 2 のレーザ光の照射時間は、第 1 のレーザ光の照射時間よりも長く、かつ第 2 のレーザ光の照射期間は、第 1 のレーザ光の照射期間と同時に照射される期間を含んでいることが好ましい。

#### 【 0 0 4 0 】

このように、照射期間を調整することにより、より安定的に大型の結晶粒を得ることが可能になる。

#### 【 0 0 4 1 】

##### 【発明の実施の形態】

発明者は、レーザアニール法を用いて半導体薄膜を結晶化するに際して、スーパーラテラル成長法に注目する一方、半導体薄膜の結晶化領域に対応する領域の基材を一様に加熱することにより、半導体薄膜により大きな結晶粒が形成される点に着目し、本発明を完成させるに至った。

#### 【 0 0 4 2 】

以下においては、本発明の実施の形態について、図を参照して説明する。

##### （実施の形態 1）

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における半導体薄膜の結晶成長装置の構造を示す模式図である。また、図 2 は、図 1 に示す半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例をより詳細に示す模式図である。

#### 【 0 0 4 3 】

##### （半導体薄膜の結晶成長装置の全体構造）

まず、図 1 を参照して、本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長装置の全体構造について説明する。図 1 に示すように、本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長装置は、第 1 照射手段 1 0 0 と、第 2 照射手段 2 0 0 と、ステージ 3 0 0 とを備えている。

**【0044】**

ステージ300上には、基材としてのガラス基板10が載置される。このガラス基板10の主表面上には、前工程において半導体薄膜20が予め成膜されている。半導体薄膜20としては、たとえば、非晶質シリコン薄膜や多結晶シリコン薄膜などが適用可能である。

**【0045】****(第1照射手段の構成)**

第1照射手段100は、レーザ発振器101と、可変減衰手段102と、ビーム整形手段103と、放射照度分布均一化手段104と、フィールドレンズ105と、マスク106と、対物レンズ107と、折返しミラー108とを主に備えている。

**【0046】**

レーザ発振器101は、第1のレーザ光110を出射する。この第1のレーザ光110は、半導体薄膜20を溶融させることが可能なパルス状のレーザ光である。第1のレーザ光110としては、たとえば、エキシマレーザ光やYAG（イットリウム－アルミニウム－ガーネット）レーザ光に代表される各種固体レーザ光などの紫外域の波長を有するレーザ光が利用される。

**【0047】**

可変減衰手段102は、第1のレーザ光110のビーム強度を補正する手段である。ビーム整形手段103は、第1のレーザ光110のビーム形状を補正する手段である。また、放射照度分布均一化手段104は、第1のレーザ光110の光軸と垂直に交わる面における放射照度分布を均一にする手段である。この放射照度分布均一化手段104は、たとえばシリンドリカルレンズアレイとコンデンサレンズとを組み合わせることによって構成され、光軸と垂直に交わる面においてガウシアン型放射照度分布を有するレーザ光を一旦分割して再度重ね合わせることにより、放射照度分布の均一化を図る手段である。

**【0048】**

フィールドレンズ105は、放射照度分布均一化手段104を透過した第1のレーザ光110をマスク106に照射するためのレンズである。マスク106は

、その主面にビームを透過する複数のスリットを有しており、スリット以外の部分に照射されたレーザ光を遮光する手段である。対物レンズ107は、マスク106が有するスリットを透過したビームをマスク像として半導体薄膜20上に結像する手段である。

#### 【0049】

なお、折返しミラー108は、第1のレーザ光110の照射方向を変更する手段であって、たとえばミラー以外にもレンズ等によって構成することも可能である。この折返しミラー108は、装置の光学設計や機械設計に応じて適切に配置すればよく、その設置箇所や設置数量は特に制限されるものではない。

#### 【0050】

(第2照射手段の構成)

第2照射手段200は、光源としてのレーザ発振器201と、ビーム拡大手段202と、放射照度分布均一化手段204と、フィールドレンズ205と、開口絞り板206と、対物レンズ207とを主に備えている。

#### 【0051】

レーザ発振器201は、第2のレーザ光210を出射する。この第2のレーザ光210は、ガラス基板10を加熱することが可能なパルス状のレーザ光である。第2のレーザ光210としては、たとえば、炭酸ガスレーザ光やYAGレーザ光などが利用可能である。ただし、第1照射手段100によって放射される第1のレーザ光110よりもガラス基板10上に成膜された半導体薄膜20を透過し易いレーザ光を採用する必要がある。

#### 【0052】

ビーム拡大手段202は、レーザ発振器201から出射された第2のレーザ光210を拡大し、平行光線とする手段である。このビーム拡大手段202としては、たとえばガリレオタイプのビーム拡大器が用いられる。

#### 【0053】

放射照度分布均一化手段204は、第2のレーザ光210の光軸と垂直に交わる面における放射照度分布を均一にする手段である。たとえば、シリンдриカルレンズアレイとコンデンサレンズを組み合わせて構成され、光軸と垂直に交わる

面においてガウシアン型放射照度分布を有するレーザ光を一旦分割して再度重ね合わせることにより、放射照度分布の均一化を図る手段である。

#### 【0054】

フィールドレンズ205は、放射照度分布均一化手段204を透過した第2のレーザ光210を開口絞り板206に照射するレンズである。開口絞り板206はその主面に開口を有しており、照射された第2のレーザ光210の光量を絞るとともに所望のアパーチャ像を成形する手段である。対物レンズ207は、開口絞り板206によって絞られた第2のレーザ光210をアパーチャ像としてガラス基板10上に結像する手段である。

#### 【0055】

なお、必要に応じて、第2のレーザ光210の照射方向を変更する手段として折返しミラーやレンズ、プリズム等を配置してもよい。これらの照射方向変更手段は、装置の光学設計や機械設計に応じて適切に配置すればよく、その設置箇所や設置数量は特に制限されるものではない。

#### 【0056】

(第2照射手段における各光学系の配置とレーザ光の光路との関係)

次に、図2を参照して、上述の第2照射手段200における各光学系の配置と第2のレーザ光210の光路との関係について、より詳細に説明する。

#### 【0057】

図2に示すように、本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長装置においては、第2照射手段200から放射された第2のレーザ光210は、ガラス基板10の主表面に斜入射されるように構成されている。この第2のレーザ光210の光軸上に、上述の各種光学系が配置される。本実施の形態においては、このうち開口絞り板206と対物レンズ207とが、第2のレーザ光210の光軸に対して略垂直に交わるように配置されている。

#### 【0058】

レーザ発振器201から出射された第2のレーザ光210は、ビーム拡大手段202によって第2のレーザ光210の光軸に垂直に交わる面において適当な形状に調整され、平行光線化されて放射照度分布均一化手段204に照射される。

放射照度分布均一化手段 2 0 4 により、光軸と垂直に交わる面において放射照度分布が均一化された第 2 のレーザ光 2 1 0 は、フィールドレンズ 2 0 5 を介して開口絞り板 2 0 6 に照射される。開口絞り板 2 0 6 に設けられた開口を透過した第 2 のレーザ光 2 1 0 は、対物レンズ 2 0 7 によってガラス基板 1 0 の主表面 1 1 の所定領域に選択的に照射される。

#### 【0 0 5 9】

この結果、開口絞り板 2 0 6 が配置された面が物体面 2 2 0 として作用することになり、この物体面 2 2 0 に位置する物体、すなわち開口絞り板 2 0 6 の像（アパーチャ像）が対物レンズ 2 0 7 によって像面 2 2 2 に結像されることになる。この像面 2 2 2 がガラス基板 1 0 の主表面 1 1 と光軸において交差するように各種光学系の位置を調節することにより、アパーチャ像がガラス基板 1 0 の主表面 1 1 に形成され、このアパーチャ像が形成された部分のガラス基板 1 0 が加熱されることになる。

#### 【0 0 6 0】

なお、第 2 のレーザ光 2 1 0 は、上述の通り、ガラス基板 1 0 上に成膜された半導体薄膜 2 0 を透過し易いレーザ光に調節されている。このため、第 2 のレーザ光 2 1 0 が半導体薄膜 2 0 によって吸収されることはほとんどなく、効果的にガラス基板 1 0 を加熱することが可能である。

#### 【0 0 6 1】

（半導体薄膜の結晶成長方法）

次に、図 3 および図 4 を参照して、本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長方法について説明する。図 3 および図 4 は、本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長方法を説明するための図であり、図 3 は半導体薄膜の結晶化予定領域を含む模式平面図、図 4 は模式断面図である。

#### 【0 0 6 2】

図 3 および図 4 に示すように、ガラス基板 1 0 の主表面 1 1 上には、前工程において予め半導体薄膜 2 0 が成膜されている。本実施の形態においては、スーパーラテラル成長法を適用することを前提としているため、半導体薄膜 2 0 の結晶化予定領域 2 2 は、たとえば  $2 \mu\text{m}$  程度から  $10 \mu\text{m}$  程度の微細な幅に調整され

ている。なお、結晶化予定領域 22 の長さ方向には特に制限はないが、少なくとも上述の幅よりも大きく調整することが必要である。この半導体薄膜 20 の結晶化予定領域 22 には、上述の第 1 照射手段 100 を用いて第 1 のレーザ光 110 が照射される。

#### 【0063】

図 4 に示すように、第 2 照射手段 200 によって第 2 のレーザ光 210 が照射されるガラス基板 10 の照射領域 12 は、上述の半導体薄膜 20 の結晶化予定領域 22 に対応する領域を含むように調整されている。すなわち、図 3 に示すように、ガラス基板 10 および半導体薄膜 20 を平面的に見た場合に、半導体薄膜 20 の結晶化予定領域 22 は、ガラス基板 10 の照射領域 12 に重複するように調整されている。

#### 【0064】

なお、図 3 に示すように、第 1 照射手段 100 によって照射される第 1 のレーザ光 110 は、半導体薄膜 20 の主表面 21 に略垂直に入射するように構成される。これに対し、第 2 照射手段 200 によってガラス基板 10 に照射される第 2 のレーザ光 210 は、ガラス基板 10 の主表面に斜入射するように構成される。

#### 【0065】

次に、半導体薄膜を結晶化する手順について説明する。本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長方法は、半導体薄膜 20 に選択的に第 1 のレーザ光 110 を照射し、半導体薄膜 20 の結晶化予定領域 22 を熔融させる工程と、ガラス基板 10 に選択的に第 1 のレーザ光 110 よりも半導体薄膜 20 を透過し易い第 2 のレーザ光 210 を開口絞り板 206 を介して照射し、半導体薄膜 20 の結晶化予定領域 22 を含む領域に対応する位置のガラス基板 10 に開口絞り板 206 によって成形されたアパーチャ像を結像することにより、ガラス基板 10 を加熱する工程とを主に備えている。

#### 【0066】

具体的には、まず第 2 照射手段 200 により、ガラス基板 10 を加熱する。このとき、ガラス基板 10 に生じる熱によって半導体薄膜 20 が熔融しない程度に、第 2 照射手段 200 による第 2 のレーザ光 210 の照射量を調整する。次に、

第2照射手段200によるガラス基板10の加熱を継続したまま、第1照射手段100によって半導体薄膜20の結晶化予定領域22を加熱し熔融させる。半導体薄膜20の結晶化予定領域22の熔融が完了した時点で第1照射手段100による照射を停止する。この後も一定時間、第2照射手段200によるガラス基板10の加熱を継続する。以上により、半導体薄膜20の結晶化が完了する。

#### 【0067】

このような手順で第1のレーザ光110および第2のレーザ光210を照射することにより、半導体薄膜にスーパーラテラル成長が生じる。スーパーラテラル成長法は、スリット状のパルスレーザ（第1のレーザ光）によって加熱された領域の半導体薄膜が熔融し、未熔融領域との境界から横方向、すなわちガラス基板の主表面と略平行方向に結晶が成長し、熔融領域の中央部で両側から成長した結晶同士が衝突することによって結晶成長が終了する結晶成長方法である。このスーパーラテラル成長法においては、半導体薄膜の厚さ方向全域にわたって熔融・凝固が行われる。

#### 【0068】

なお、第1照射手段100による第1のレーザ光110の照射は、第2照射手段200による第2のレーザ光210の照射が開始されたあとに開始されるが、少なくとも第2のレーザ光210の照射期間は、第1のレーザ光110の照射期間を含みかつより長い時間照射を行うように調整する必要がある。すなわち、第2のレーザ光210の照射時間は、第1のレーザ光110の照射時間よりも長く、かつ第2のレーザ光210の照射期間は、第1のレーザ光110の照射期間と同時に照射される期間を含むように調整する。これにより、半導体薄膜20の結晶化予定領域が適切に長い間熔融状態を保つようになり、結晶化の進行が遅延するようになる。ただし、第2のレーザ光210を長時間にわたって照射し続けるとガラス基板10の温度が上昇し過ぎるため、ガラス基板10に損傷を与えるおそれがある。このため、第2のレーザ光210の照射時間は、ガラス基板10に損傷を与えない程度に調整する必要がある。

#### 【0069】

（作用・効果）

上述の如くの半導体薄膜の結晶成長装置および結晶成長方法を用いて半導体薄膜 20 の結晶化を行うことにより、一回の照射で得られる結晶粒の大きさを大幅に大きくすることが可能になる。これは、第 2 照射手段 200 によってガラス基板 10 が加熱されることにより、第 1 照射手段 100 によって熔融された部分が凝固する際の冷却速度が遅延させられるためであり、熔融した半導体薄膜 20 がゆっくりと凝固するためである。

#### 【0070】

ここで、本実施の形態においては、開口絞り板 206 を用いて第 2 のレーザ光 210 の照射領域を規定している。このため、ガラス基板 10 に照射される第 2 のレーザ光 210 の照射領域 12 を容易に適正化することが可能になる。この結果、ガラス基板 10 の照射領域 12 の全域にわたって一様に第 2 のレーザ光 210 を照射することが可能となり、ガラス基板 10 の照射領域 12 全域を一様に加熱することが可能になる。これにより、半導体薄膜 20 中に形成される結晶粒を容易に大型化することが可能になる。

#### 【0071】

また、本実施の形態においては、第 2 のレーザ光 210 として第 1 のレーザ光 110 よりも半導体薄膜 20 を透過し易いレーザ光を用いているため、第 2 のレーザ光 210 が半導体薄膜 20 によって吸収されることが少なくなり、ガラス基板 10 の半導体薄膜 20 の界面付近を局所的に加熱することが可能になる。このため、効果的に熔融した部分の半導体薄膜の結晶化を遅延させることが可能になる。

#### 【0072】

また、本実施の形態における第 2 照射手段 200 は、上述の通り、放射照度分布均一化手段 204 を有している。通常レーザ発振器から出射されるレーザ光は、光軸に垂直に交わる面において、中央部の放射照度が高く、周縁部に移るに連れて放射照度が低くなるガウシアン型放射照度分布を有している。このため、何ら処理をしないレーザ光をそのまま用いてガラス基板を加熱した場合には、照射領域においてガラス基板が一様に加熱されず、周縁部分において加熱不足が生じることがある。

**【0073】**

しかしながら、本実施の形態においては、放射照度分布均一化手段204を用いて第2のレーザ光210の放射照度分布を均一化しているため、照射領域12全域にわたってほぼ同じ放射照度に保たれる。このため、照射領域12の全域にわたって一様に加熱することができるようになり、安定した結晶化を行うことが可能となる。なお、本実施の形態においては、放射照度分布均一化手段204として、シリンドリカルレンズアレイとコンデンサレンズを組み合わせたものを使用した。カレイドスコープ（万華鏡）の原理を用いた光学系などを採用することも可能である。

**【0074】****（実施例）**

以下においては、本実施の形態に基づいた実施例について、図面を参照して説明する。

**【0075】****（実施例1）**

本実施例においては、半導体薄膜として非晶質シリコン薄膜を採用し、第1のレーザ光として波長308nmのXeClエキシマレーザ光を採用した。また第2のレーザ光としては、波長10.6 $\mu$ mの炭酸ガスレーザ光を採用した。

**【0076】**

図5は、本実施例において用いた第1照射手段のマスクのパターンを示す平面図である。図5に示すように、マスク106は、複数のスリット106aを有する。スリット106aは、マスク面上において、ピッチP、幅Dで配置されており、個々のスリット106aの長さはAで表わされる。このスリット106aを透過したスリット状のパルスビームは、所定倍率で非晶質シリコン薄膜に照射される。

**【0077】**

一方、第2照射手段によるガラス基板の照射領域は、マスク106によって半導体薄膜の主表面に結像されるマスク像すべての領域に対応する位置を含むように調整されている。

## 【0 0 7 8】

上述の結晶成長装置および結晶成長方法を用い、スリット状のパルスビームの幅を  $2\ \mu\text{m}$  程度から  $50\ \mu\text{m}$  程度に調整し、放射照度  $500\ \text{mJ}/\text{cm}^2$  の XeCl エキシマレーザ光を照射時間  $50\ \text{ns}$  で一回照射した。この場合に得られる結晶粒の結晶長が、最大で  $10\ \mu\text{m}$  程度にまで達することが発明者によって確認された。この結晶長が最大で  $10\ \mu\text{m}$  程度の結晶粒は、従来得られていた結晶長が  $1.2\ \mu\text{m}$  程度の結晶粒に比べ大幅に大型化していることになる。これは、一意に結晶化予定領域を含む領域に対応する位置のガラス基板を第2照射手段を用いて一様に加熱したことによるものであり、一回のパルス照射で得られる結晶粒の結晶長を大型化する場合に極めて有効な手段であることが分かる。

## 【0 0 7 9】

しかしながら、この結晶長が  $10\ \mu\text{m}$  程度の結晶粒が形成された半導体薄膜においても、用途によっては、製作するトランジスタの大きさに比較すれば依然として結晶粒は小さく、このままトランジスタを製作することは実用的ではない場合もある。

## 【0 0 8 0】

そこで、さらに結晶長を長くするために、発明者は複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法を適用した。この複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法は、1 回前のレーザ照射で形成された針状結晶の一部に重複するように順次レーザパルス照射を照射するものである。これにより、既に成長した結晶を引き継いでさらに長い針状の結晶が成長するようになる。

## 【0 0 8 1】

図6は、複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法により、針状結晶粒が成長する様子を示した模式図である。スーパーラテラル成長は、上述の通り、パルスレーザを1回照射することで完了する（図18参照）。しかしながら、図6（a）から図6（c）に示すように、一旦、半導体薄膜にビームを照射して照射領域23aを熔融させた後、この部分を含むように僅かにずらしてパルスレーザを照射し、照射領域23bを熔融させる。これにより、この部分で結晶がさらに成長するようになる。図6（b）に示すように、次にまた少しずらした位

置にビームを照射して照射領域 23c を形成する。さらに、僅かずつずらして照射領域 23d および 23e を形成することにより、結晶をさらに伸ばすことができる。すなわち、1 回前のパルス照射で形成された針状結晶の一部に重複するように順次パルスレーザを照射していくと、既に成長した結晶を引き継いでさらに長い針状の結晶が成長し、結晶の成長方向に方位の揃った長い結晶が得られるようになる。

#### 【0082】

上述の条件において、この複数回のレーザ照射を行うことにより、最大で 50  $\mu\text{m}$  程度の結晶長を有する針状結晶粒が形成可能であることが発明者によって確認された。この 50  $\mu\text{m}$  程度の結晶長を有する針状結晶粒は、従来得られていた結晶長が 10  $\mu\text{m}$  程度の針状結晶粒に比べて大幅に大型化していることになる。これは、一意に結晶化予定領域を含む領域に対応する位置のガラス基板を第 2 照射手段を用いて一様に加熱したことによるものであり、一回のパルス照射で得られる結晶粒の結晶長が大型化すること、および繰り返し行なうパルス照射によって引き継がれる結晶成長がより多い回数持続することによる。

#### 【0083】

このようにして長い針状結晶粒を形成すると、そこにデバイスを形成することが可能になる。図 7 は、その様子を示す模式図である。図 7 では、長く形成された針状結晶粒 30 上にソース、ドレインおよびチャネルを有するトランジスタ 40 を形成し、それを制御するゲートを配置した例を示す。ここでチャネルの中を流れるキャリアの向きと、針状結晶粒 30 の成長した方向とを同じ向きにとることにより、キャリアの粒界による散乱が抑えられるため、高性能のトランジスタを得ることができる。すなわち、トランジスタの配置に、チャネル方向を一方向になるような制限を加えることによって、高性能なトランジスタ群を形成することが可能になる。

#### 【0084】

##### (実施例 2)

本実施例においては、上述の実施例 1 と同様に、半導体薄膜として非晶質シリコン薄膜を採用し、第 1 のレーザ光として波長 308 nm の XeCl エキシマレ

ーザ光を採用し、第2のレーザ光として波長 $10.6\mu\text{m}$ の炭酸ガスレーザ光を採用した。上述の実施例と異なる点は、第1照射手段100のマスク106のパターンである。

#### 【0085】

図8は、本実施例において用いた第1照射手段のマスクのパターンを示す平面図である。図8に示すように、マスク106には、開口部106b~106eが設けられている。開口部106b~106eは、それらが半導体薄膜上に結像された時に概ねトランジスタのチャネル領域の大きさと位置に一致する形状に調節されている。

#### 【0086】

図8に示すマスク106を用いて半導体薄膜20にレーザ照射を行った場合に半導体薄膜20上に形成される結晶化パターンを図9に示す。上述の結晶成長装置および結晶成長方法を用い、開口部106b~106eを介して第1のレーザ光を一回のパルス照射で照射することにより、半導体薄膜20の結晶化予定領域22が熔融・固化し、固化する過程において結晶化が生じる。このとき、開口部106b~106eの周縁部から結晶化が生じるため、図9に示すように、開口部106b~106eの中心に向かってスーパーラテラル成長が生じる。このとき生じる結晶粒の大きさは最大で $10\mu\text{m}$ 程度であり、トランジスタのチャネル領域の大きさと比べて、ほぼ同等の大きさである。

#### 【0087】

図10は、図9に示す半導体薄膜上にトランジスタを形成した様子を示す平面図である。図10に示すように、トランジスタ40b~40eのソースおよびドレインがチャネル領域42b~42eを挟んで配置され、チャネル領域42b~42eの上部にはゲート電極が配置される。このとき、チャネル領域42b~42eを流れるキャリアの向きに結晶化領域の結晶成長方向が一致するように配置することにより、キャリアが結晶粒界により散乱されることが少なくなるため、極めて移動度の高いトランジスタを得ることが可能になる。また、本実施例の如く、マスクを用いることにより、トランジスタの配置に制約がなくなるため、自由にトランジスタを配置できるようになる。

## 【0088】

(実施の形態 2)

図 11 は、本発明の実施の形態 2 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例を示す模式図である。本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長装置は、上述の実施の形態 1 とほぼ同様の構造を有しているが、第 2 照射手段の光学系の配置が上述の実施の形態 1 とは異なっており、これに伴い第 2 のレーザー光の光路にも相違が生じている。

## 【0089】

上述のように、本発明に基づく半導体薄膜の結晶成長装置および結晶成長方法では、第 2 照射手段によるガラス基板の加熱を第 2 のレーザー光が照射される照射領域中において一様に保つことが重要になる。しかしながら、上述の実施の形態 1 に示す構成の第 2 照射手段とした場合には、第 2 のレーザー光がガラス基板の主表面に対して斜入射されるように構成されている。このため、第 2 のレーザー光がガラス基板に対して大きく傾斜するように構成した場合には、アパーチャ像が良好に結像されない場合がある。

## 【0090】

これは、対物レンズを透過した第 2 のレーザー光がガラス基板に到達する際に、対物レンズを透過した位置によってガラス基板に到達するまでに要する距離が異なるためである。このため、ガラス基板の主表面に形成されたアパーチャ像が焦点ずれを起こし、アパーチャ像がそれほどシャープに得られないという問題を引き起こす。アパーチャ像がシャープに結像されない場合には、アパーチャ像の輪郭部が単にぼけるばかりでなく、その照射強度分布が不均一になる場合が多い。これは、アパーチャ像のぼけが焦点面の前と後ろでは必ずしも対称ではないためである。この結果、照射領域内における一様加熱が困難になる場合がある。

## 【0091】

そこで、本実施の形態においては、第 2 照射手段 200 の各光学系の配置を図 11 に示す如くの配置とした。すなわち、斜入射される第 2 のレーザー光 210 の光軸に略垂直となるように対物レンズ 207 を配置し、アパーチャ像の像面 222 とガラス基板 10 の主表面 11 とが実質的に重なるように、開口絞り板 206

を第2のレーザ光210に対して傾斜して配置している。

#### 【0092】

換言すれば、第2のレーザ光210の光軸に対して垂直に開口絞り板206を配置した状態から、対物レンズ207からより遠いガラス基板10上の位置に位置する結像点12a1に対応する開口絞り板206の開口の一端206a1を対物レンズ207により近い位置にくるように、かつ、対物レンズ207からより近いガラス基板10上の位置に位置する結像点12a2に対応する開口絞り板206の開口の他端206a2を対物レンズ207により遠い位置にくるように、開口絞り板206を傾斜させて配置する。つまり、開口絞り板206の開口の一端206a1がガラス基板10上の点12a1に、開口の他端206a2がガラス基板10上の点12a2にそれぞれ結像するように、開口絞り板206を傾斜させて配置する。

#### 【0093】

これにより、アパーチャ像の輪郭部がガラス基板10上にシャープに結像されるようになる。この結果、照明強度分布均一化手段204によって照明強度が均一化された光線がそのままガラス基板10上に結像されるため、照明強度分布の不均一が生じ難くなる。

#### 【0094】

このように、ガラス基板10上に結像されるアパーチャ像の焦点ずれが補正されるため、シャープな輪郭のアパーチャ像が実現され、照射領域の周縁部においても一様に加熱することが可能になる。なお、開口絞り板206を光軸に対して傾斜させる角度は、対物レンズ207からガラス基板10までの距離や対物レンズ207の焦点距離等によって、幾何光学的に決まる。

#### 【0095】

また、本実施の形態の如く、第2のレーザ光210をガラス基板10の主表面に対して斜入射させ、かつ斜入射される第2のレーザ光210の光軸に対して対物レンズ207を略垂直に配置した場合には、対物レンズ207からのガラス基板10に至るまでの距離が対物レンズ207の部分部分によって異なっているため、結像されるアパーチャ像の倍率が異なることになる。この結果、開口絞り板

206の開口を矩形に調整した場合には、ガラス基板10に形成されるアパーチャ像は台形となる。

#### 【0096】

そこで、図12(a)に示すように、開口絞り板206に設ける開口206aの形状を台形とすることが望ましい。この台形の開口206aを有する開口絞り板206を用いてアパーチャ像をガラス基板10上に結像させることにより、図12(b)に示す如くの矩形の照射領域12が得られるようになる。

#### 【0097】

このように、照射領域を矩形に調整することにより、上述の実施例1において説明した複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法を採用した場合にも、各パルス照射による照射領域が矩形となるため、その境界部分の繋ぎ合わせが均一になる。この結果、安定して一様にガラス基板を加熱することが可能になり、大型の結晶粒を形成することが促進されるようになる。

#### 【0098】

(実施の形態3)

図13は、本発明の実施の形態3における半導体薄膜の結晶成長装置の第2照射手段の構成例を示す模式図である。本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長装置においては、上述の実施の形態2と同様に、対物レンズ207は斜入射される第2のレーザ光210の光軸に略垂直に配置され、開口絞り板206はアパーチャ像の像面がガラス基板10の主表面11と実質的に重なるように、第2のレーザ光210に対して傾斜して配置されている。

#### 【0099】

しかしながら、上述の実施の形態2の如くの光学系の配置とした場合には、開口絞り板206に対して、第2のレーザ光210が傾斜して入射する結果、開口絞り板206の開口部において照明強度の不均一が生じる。このため、ガラス基板10の照射領域全面にわたって均一に加熱することが困難になる場合がある。

#### 【0100】

そこで、本実施の形態においては、第2照射手段200の各光学系の配置を図13に示す如くの配置とした。すなわち、放射照度分布均一化手段204によっ

て放射照度分布が均一化された第2のレーザ光210が、開口絞り板206に対して斜入射されるように、開口絞り板206とフィールドレンズ205との間に照射方向変更手段としてのレンズ208を配置した。ここで、レンズ208は開口絞り板206と略平行に配置される。

#### 【0101】

このように構成することにより、放射照度分布均一化手段204から開口絞り板206までの距離がどの部分においても同じとなるため、開口絞り板206を光軸に対して傾斜させた場合にも放射照度分布が不均一になることが回避されるようになる。この結果、ガラス基板10の照射領域全域にわたって一様に加熱することが可能になる。

#### 【0102】

図14は、本実施の形態における第2照射手段の光学系の他の構成例を示す模式図である。本実施の形態においては、照射方向変更手段として、図14に示す如くのプリズム209を使用することが可能である。上述のレンズ208に代えてプリズム209を使用することにより、第2照射手段200の小型化が可能になり、装置設計が容易となる。

#### 【0103】

(実施の形態4)

図15は、本発明の実施の形態4における半導体薄膜の結晶成長装置の第2照射手段の構成例を示す模式図である。上述の実施の形態1から3と同様に、本実施の形態における半導体薄膜の結晶成長装置においても、第2のレーザ光210はガラス基板10の主表面11に対して斜入射されている。しかしながら、上述のいずれの実施の形態とも異なり、対物レンズ207および開口絞り板206がガラス基板10の主表面11と略平行に配置されている。

#### 【0104】

このような構成とすることにより、開口絞り板206から対物レンズ207までの距離は、開口絞り板206に形成された開口部のどの位置においても等しくなるため、また対物レンズ207とガラス基板10の間の距離もどの位置においても同じとなるため、アパーチャ像のガラス基板10への結像倍率は照射領域全

域にわたって一定となる。このため、開口絞り板 206 の開口部と相似形のアパーチャ像とすることが可能となり、開口を台形に調節する必要なく、ガラス基板 10 の均一加熱が可能となる。

#### 【0105】

(実施の形態 5)

図 16 は、本発明の実施の形態 5 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例を示す模式図である。本実施の形態における半導体薄膜装置の結晶成長装置においては、上述の実施の形態 4 と同様に、第 2 のレーザ光 210 がガラス基板 10 の主表面 11 に対して斜入射されており、かつ対物レンズ 207 および開口絞り板 206 がガラス基板 10 の主表面 11 と略平行に配置されている。

#### 【0106】

しかしながら、上述の実施の形態 4 の如くの光学系の配置とした場合には、開口絞り板 206 に対して、第 2 のレーザ光 210 が傾斜して入射する結果、開口絞り板 206 の開口部において照明強度の不均一が生じる。このため、ガラス基板 10 の照射領域全面にわたって均一に加熱することが困難になる場合がある。

#### 【0107】

そこで、本実施の形態においては、第 2 照射手段 200 の各光学系の配置を図 16 に示す如くの配置とした。すなわち、放射照度分布均一化手段 204 によって放射照度分布が均一化された第 2 のレーザ光 210 が、開口絞り板 206 に対して斜入射されるように、開口絞り板 206 とフィールドレンズ 205 との間に照射方向変更手段としてのレンズ 208 を配置した。ここで、レンズ 208 は開口絞り板 206 と略平行に配置される。

#### 【0108】

このように構成することにより、放射照度分布均一化手段 204 から開口絞り板 206 までの距離がどの部分においても同じとなるため、開口絞り板 206 を光軸に対して傾斜させた場合にも放射照度分布が不均一になることが回避されるようになる。この結果、ガラス基板 10 の照射領域全域にわたって一様に加熱することが可能になる。

**【0109】**

また、上記構成とすることにより、開口絞り板206から対物レンズ207までの距離は、開口絞り板206に形成された開口部のどの位置においても等しくなり、また対物レンズ207とガラス基板10の間の距離もどの位置においても同じになるため、アパーチャ像のガラス基板10への結像倍率は照射領域全域にわたって一定となる。このため、開口絞り板206の開口部と相似形のアパーチャ像とすることが可能となり、開口を台形に調節する必要なく、ガラス基板10の均一加熱が可能となる。

**【0110】**

図17は、本実施の形態における第2照射手段の光学系の他の構成例を示す模式図である。本実施の形態においては、照射方向変更手段として、図16に示す如くのプリズム209を使用することが可能である。上述のレンズ208に代えてプリズム209を使用することにより、第2照射手段200の小型化が可能になり、装置設計が容易となる。

**【0111】**

なお、上述の実施の形態1においては、第1照射手段のマスキの光透過部の形状を矩形のスリットとした場合を例示したが、特にこれに限定されるものではなく、メッシュ形状、鋸歯形状、波形状などの種々の形状を採用することが可能である。

**【0112】**

また、上述の実施の形態においては、半導体薄膜の主表面に第2のレーザ光を斜入射させた場合を例示して説明を行なったが特にこれに限定されるものではなく、垂直に入射するように構成しても構わない。

**【0113】**

また、上述の実施の形態においては、ガラス基板などの基材上に直接非晶質シリコン薄膜などの半導体薄膜を成膜した場合を例示して説明を行なったが、基材と半導体薄膜との間に、半導体薄膜の溶融の際の熱的な影響が基材に及ばないようにするための、また基材中の不純物が半導体薄膜に拡散しないようにするためのバッファ層を設けてもよい。薄膜としてシリコン薄膜を採用した場合には、バ

ツファ層としてたとえば酸化シリコン膜などが適用可能である。

#### 【0114】

このように、今回開示した上記各実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではない。本発明の技術的範囲は特許請求の範囲によって画定され、また特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

#### 【0115】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、一回のレーザ光の照射で得られる結晶粒の大きさを大幅に大きくすることが可能になる。また、複数回のレーザ照射を適用することにより、さらに大きな結晶長を有する多結晶半導体薄膜が容易にかつ安定的に得られるようになる。この結果、従来に比して結晶化に要する時間が大幅に削減されるようになる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1における半導体薄膜の結晶成長装置の全体構造を示す模式図である。

【図2】 図1に示す半導体薄膜の結晶装置の第2照射手段の構成例を示す模式図である。

【図3】 本発明の実施の形態1における半導体薄膜の結晶成長方法を説明するための半導体薄膜の結晶化予定領域を含む模式平面図である。

【図4】 本発明の実施の形態1における半導体薄膜の結晶成長方法を説明するための半導体薄膜の結晶化予定領域を含む模式断面図である。

【図5】 本発明の実施例1におけるマスクの形状を示す平面図である。

【図6】 複数回のパルス照射を用いたスーパーラテラル成長法により、針状結晶粒が成長する様子を示す模式図である。

【図7】 図6に示す方法を用いて形成した半導体薄膜にトランジスタを形成した様子を示す模式図である。

【図8】 本発明の実施例2におけるマスクの形状を示す平面図である。

【図9】 本発明の実施例2において半導体薄膜が結晶化された後の状態を

示す平面図である。

【図 1 0】 本発明の実施例 2 において、トランジスタが形成された後の状態を示す平面図である。

【図 1 1】 本発明の実施の形態 2 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例を示す模式図である。

【図 1 2】 本発明の実施の形態 2 における半導体薄膜の結晶成長装置の開口絞り板の形状とアパーチャ像の形状とを示す模式図である。

【図 1 3】 本発明の実施の形態 3 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例を示す模式図である。

【図 1 4】 本発明の実施の形態 3 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の他の構成例を示す模式図である。

【図 1 5】 本発明の実施の形態 4 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例を示す模式図である。

【図 1 6】 本発明の実施の形態 5 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の構成例を示す模式図である。

【図 1 7】 本発明の実施の形態 5 における半導体薄膜の結晶成長装置の第 2 照射手段の他の構成例を示す模式図である。

【図 1 8】 従来のスーパーラテラル成長法において、1 回のパルス照射で形成される針状結晶組織を説明する模式図である。

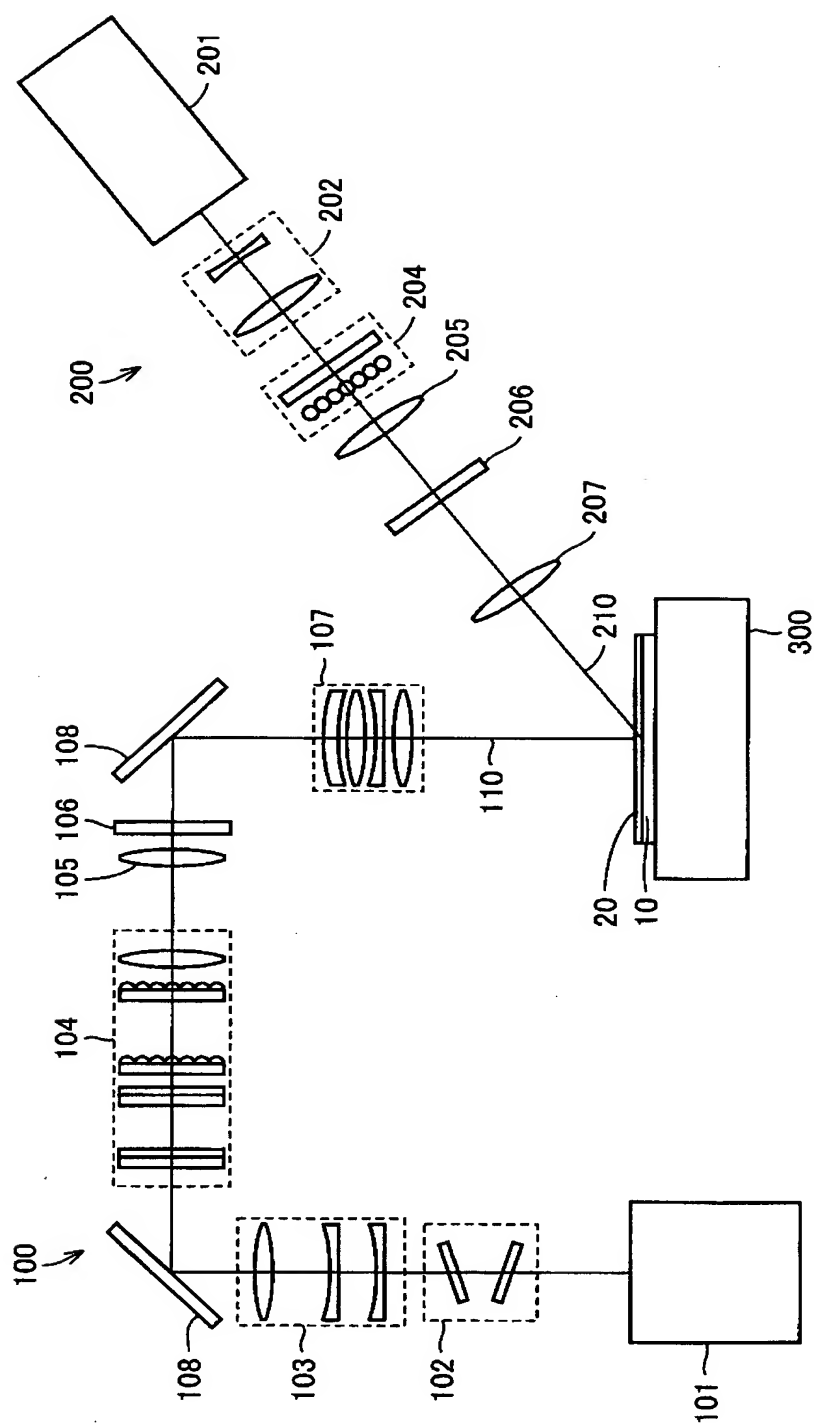
#### 【符号の説明】

1 0 ガラス基板、1 1 (ガラス基板の) 主表面、1 2 (第 2 のレーザ光による) 照射領域、1 2 a 1, 1 2 a 2 (結像) 点、2 0 半導体薄膜、2 1 (半導体薄膜の) 主表面、2 2 結晶化予定領域、2 3 a ~ 2 3 e (第 1 のレーザ光による) 照射領域、3 0 針状結晶粒、4 0, 4 0 b ~ 4 0 e トランジスタ、4 2 b ~ 4 2 e チャンネル領域、1 0 0 第 1 照射手段、1 0 1 レーザ発振器、1 0 2 可変減衰手段、1 0 3 ビーム整形手段、1 0 4 放射照度分布均一化手段、1 0 5 フィールドレンズ、1 0 6 マスク、1 0 6 a スリット、1 0 6 b ~ 1 0 6 d 開口部、1 0 7 対物レンズ、1 0 8 折返しミラー、1 1 0 第 1 のレーザ光、2 0 0 第 2 照射手段、2 0 1 レーザ発振器、

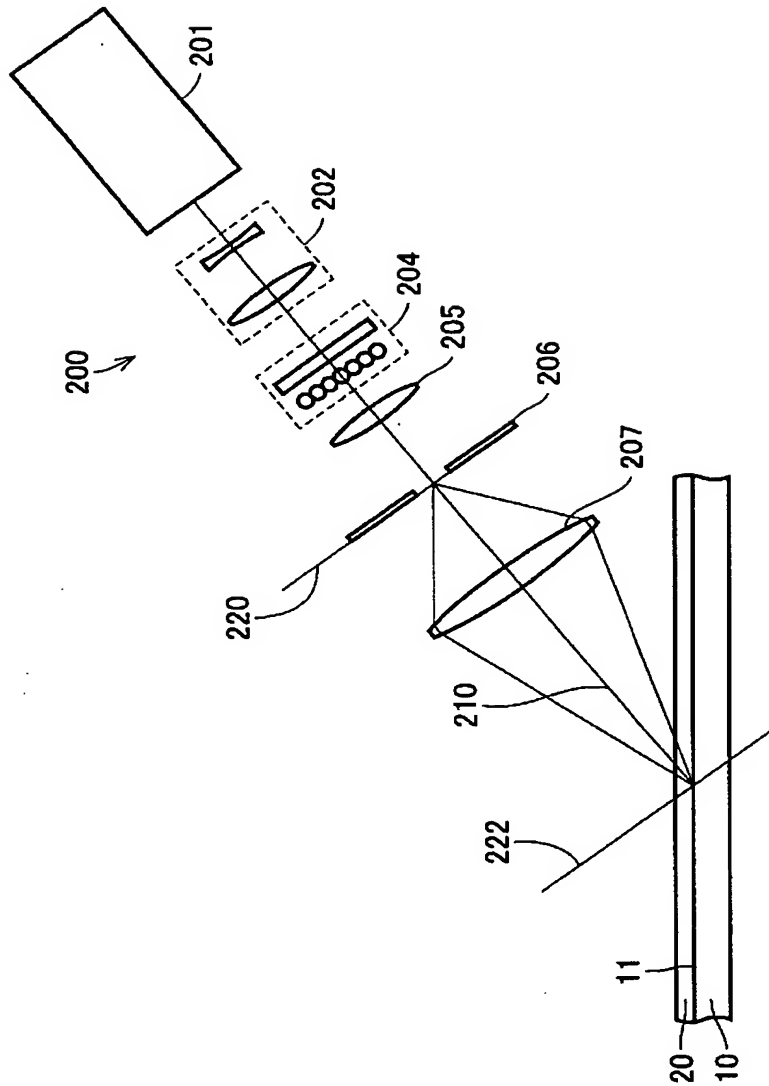
202 ビーム拡大手段、204 放射照度分布均一化手段、205 フィールドレンズ、206 開口絞り板、206a 開口、206a1 一端、206a2 他端、207 対物レンズ、208 レンズ、209 プリズム、210 第2のレーザ光、220 物体面、222 像面、300 ステージ。

【書類名】 図面

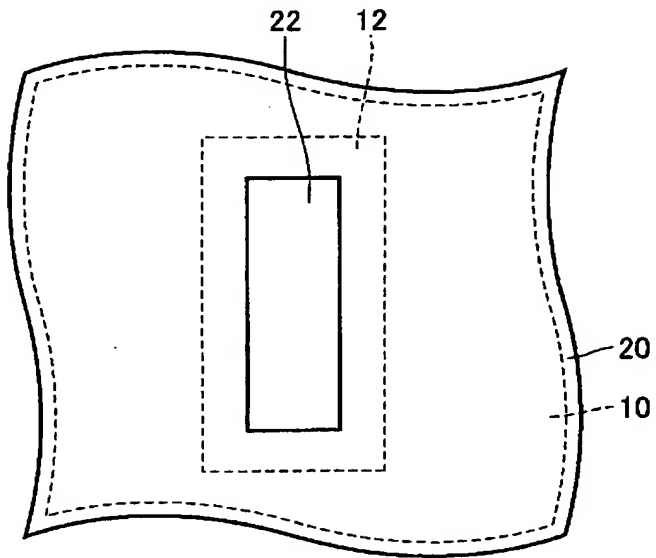
【図 1】



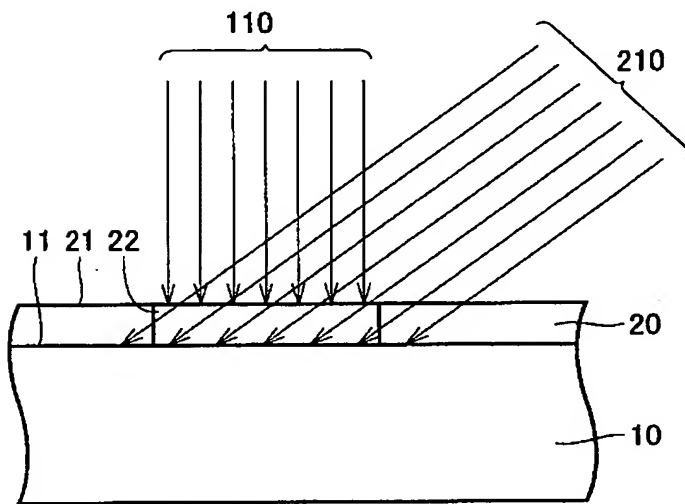
【図 2】



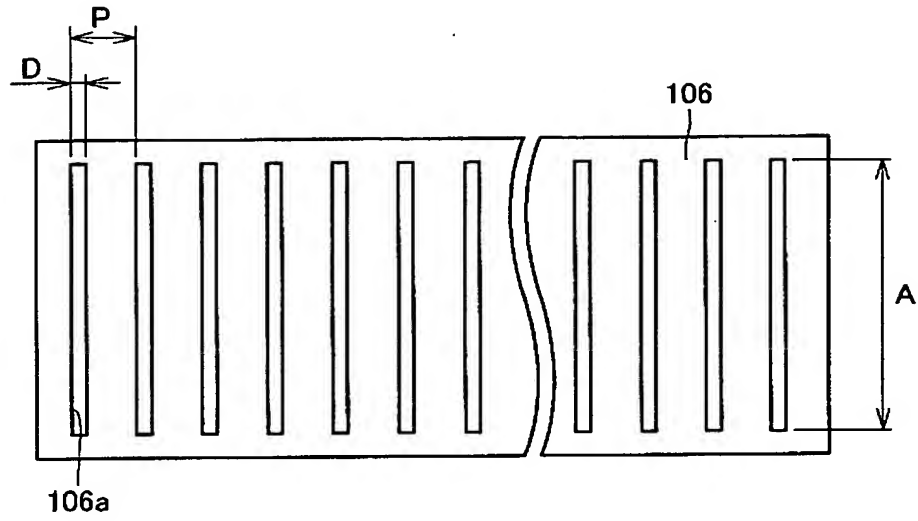
【図 3】



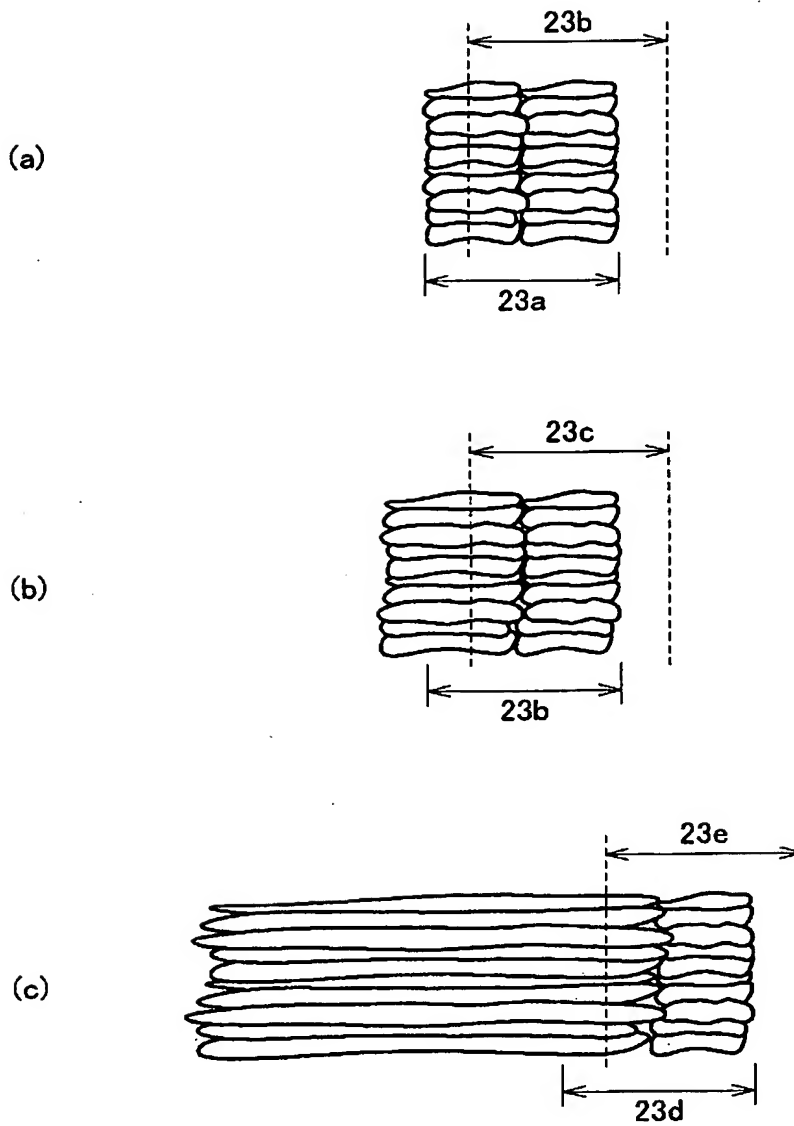
【図 4】



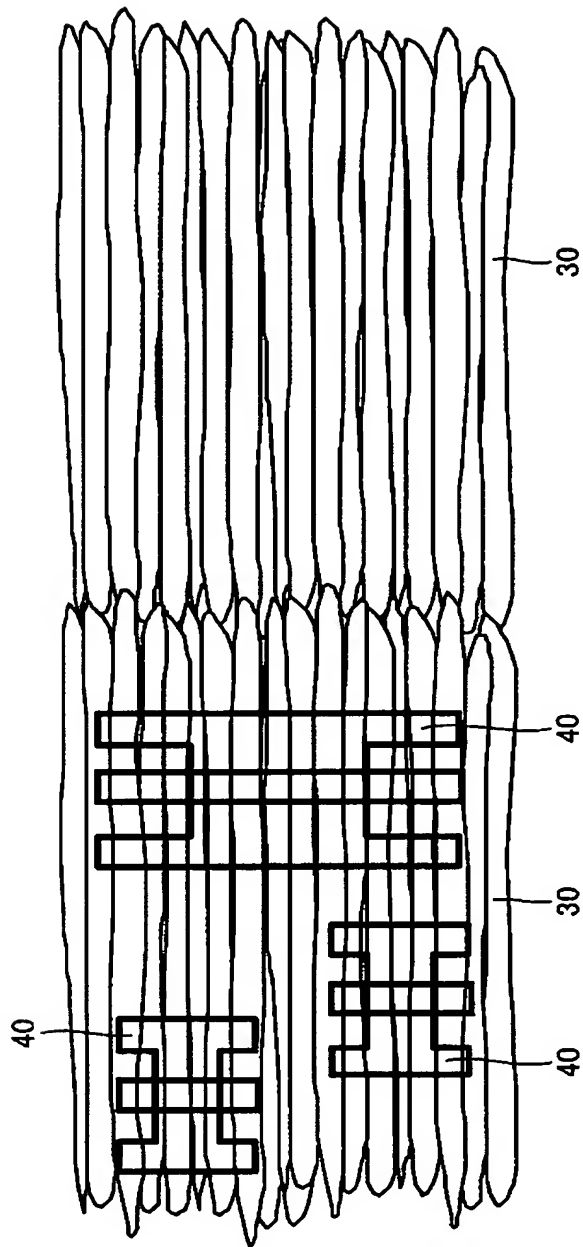
【図 5】



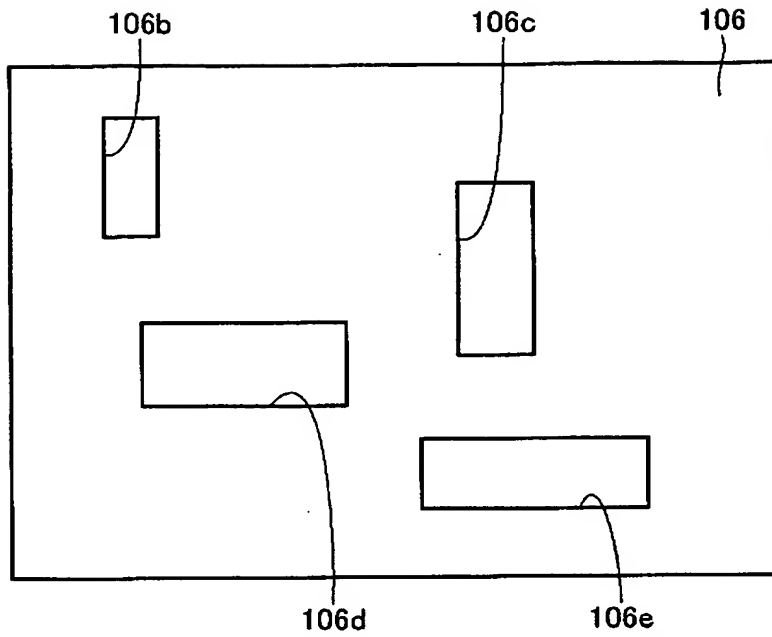
【図 6】



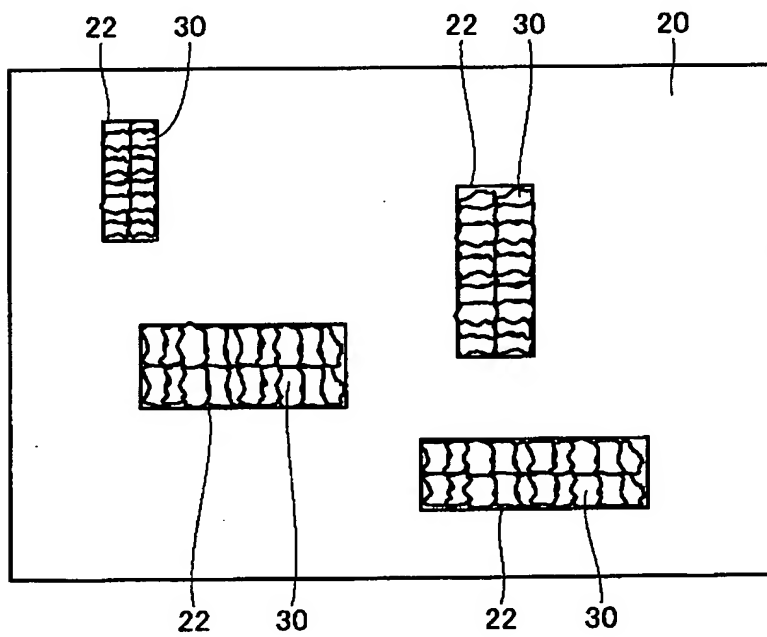
【図 7】



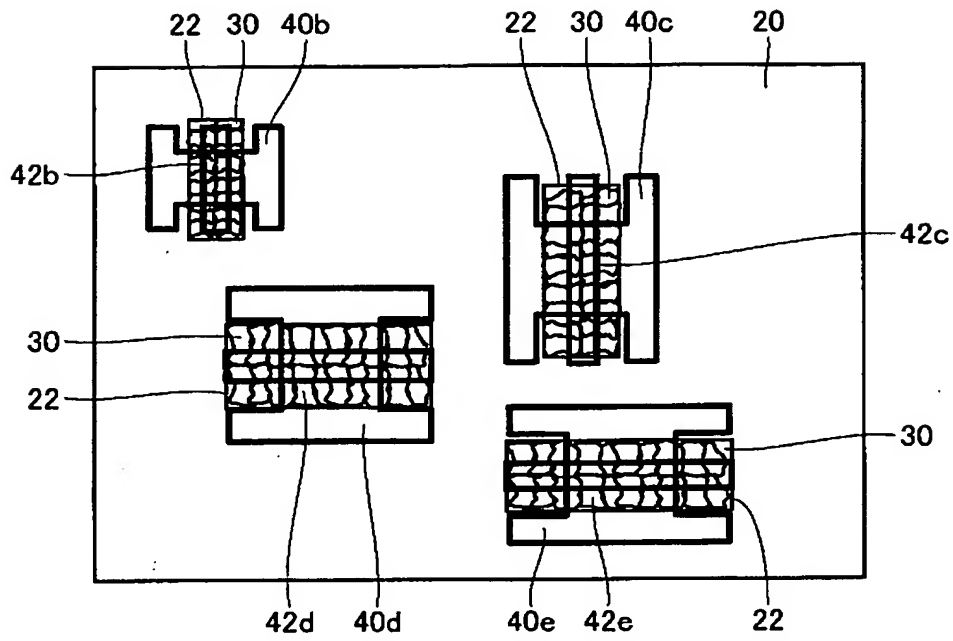
【図 8】



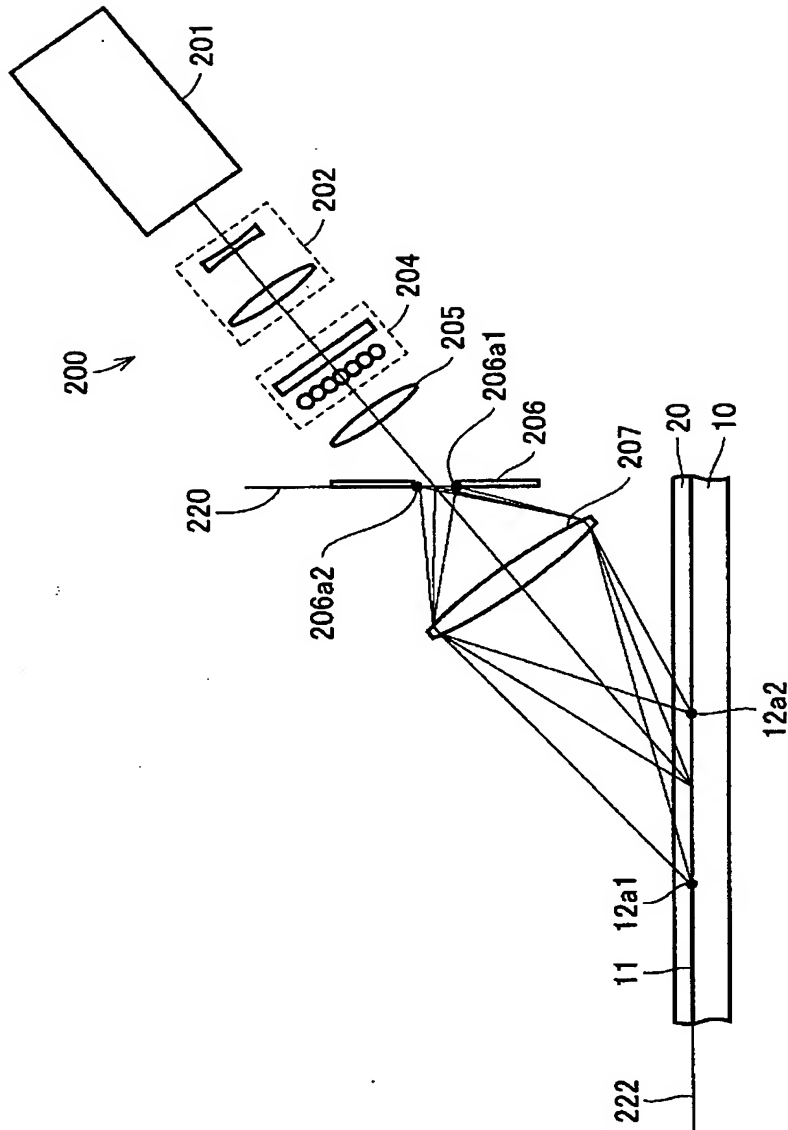
【図 9】



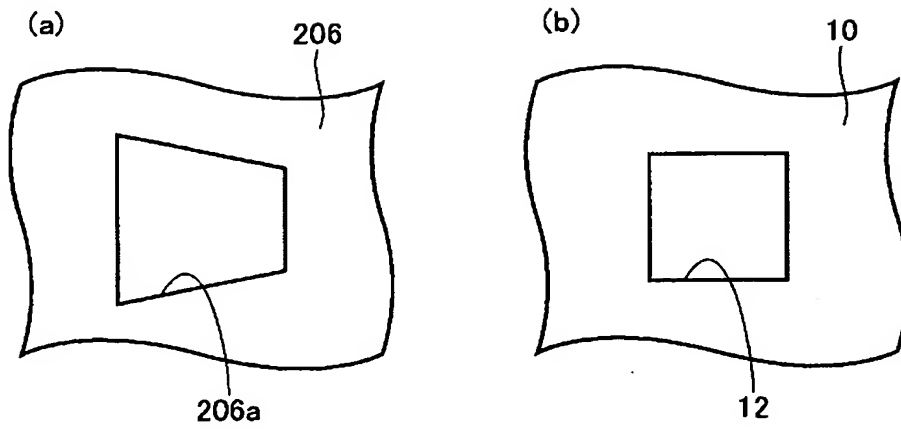
【図 10】



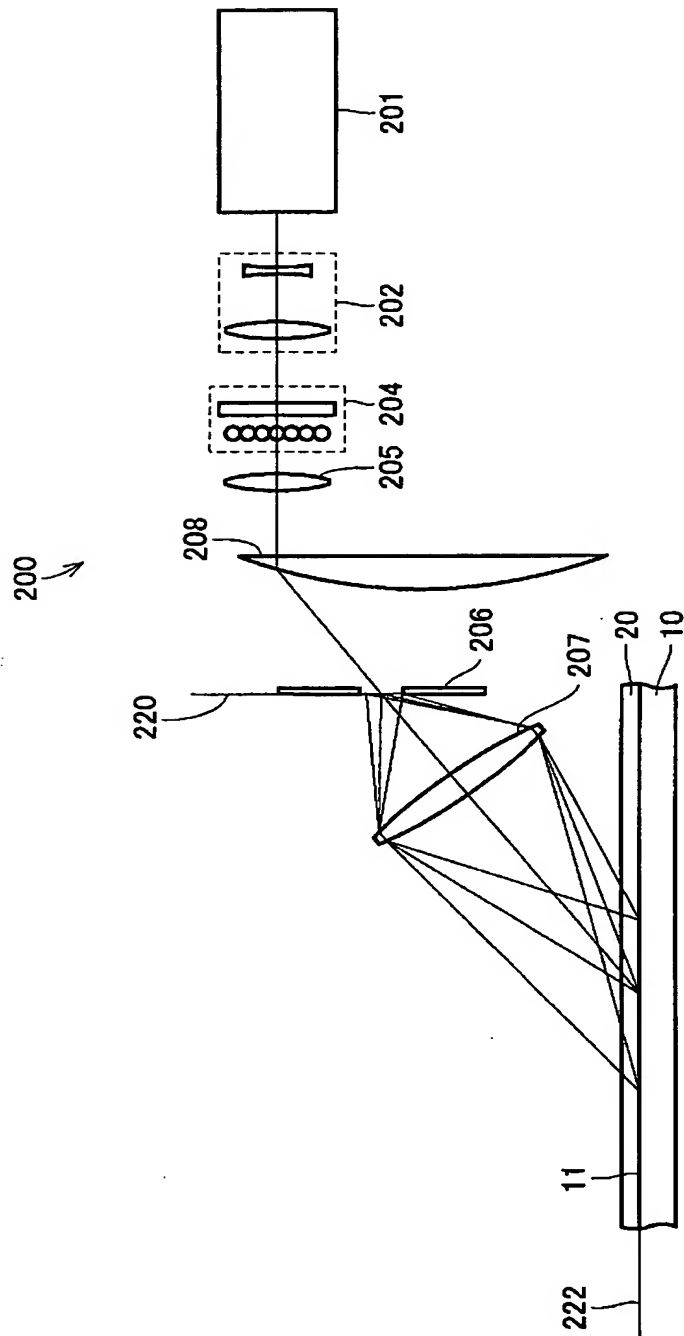
【図 11】



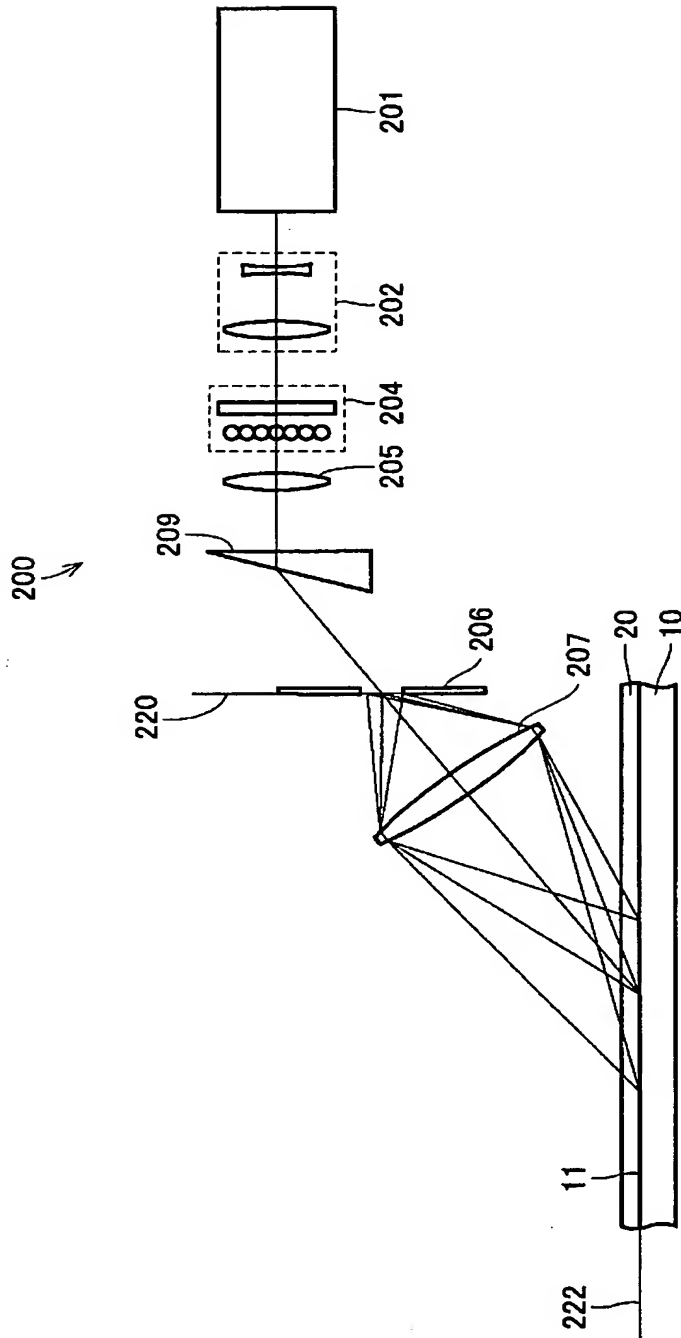
【図 12】



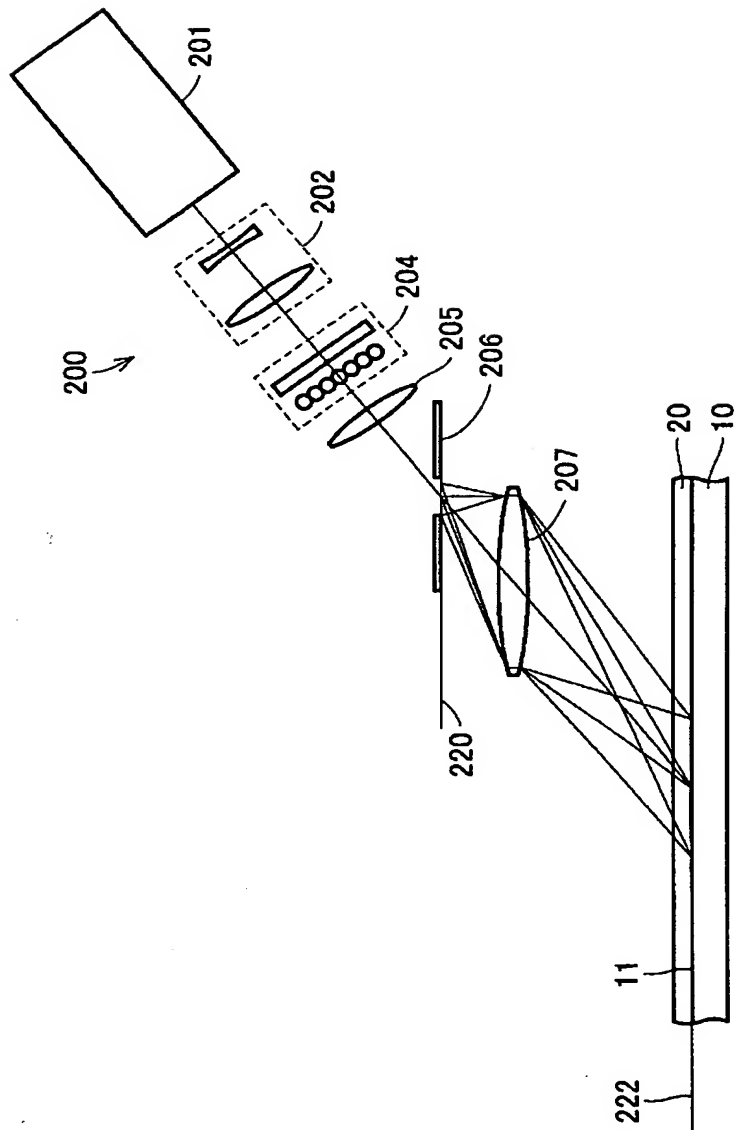
【図 13】



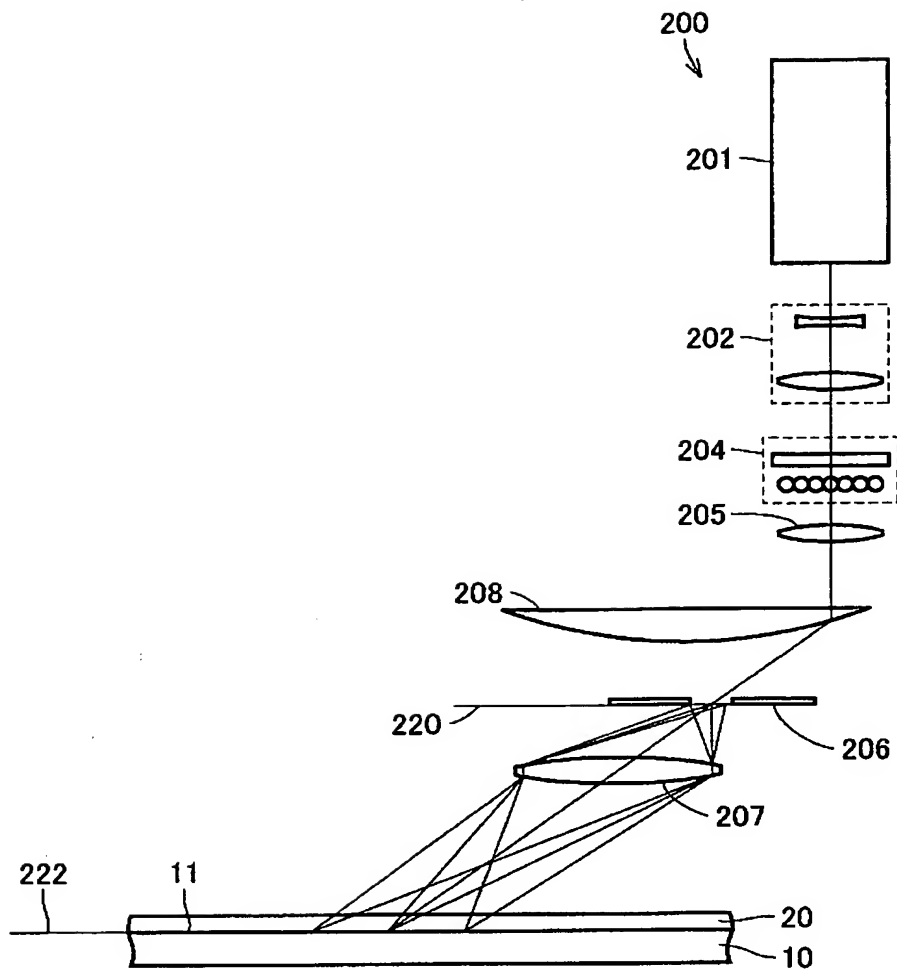
【図 14】



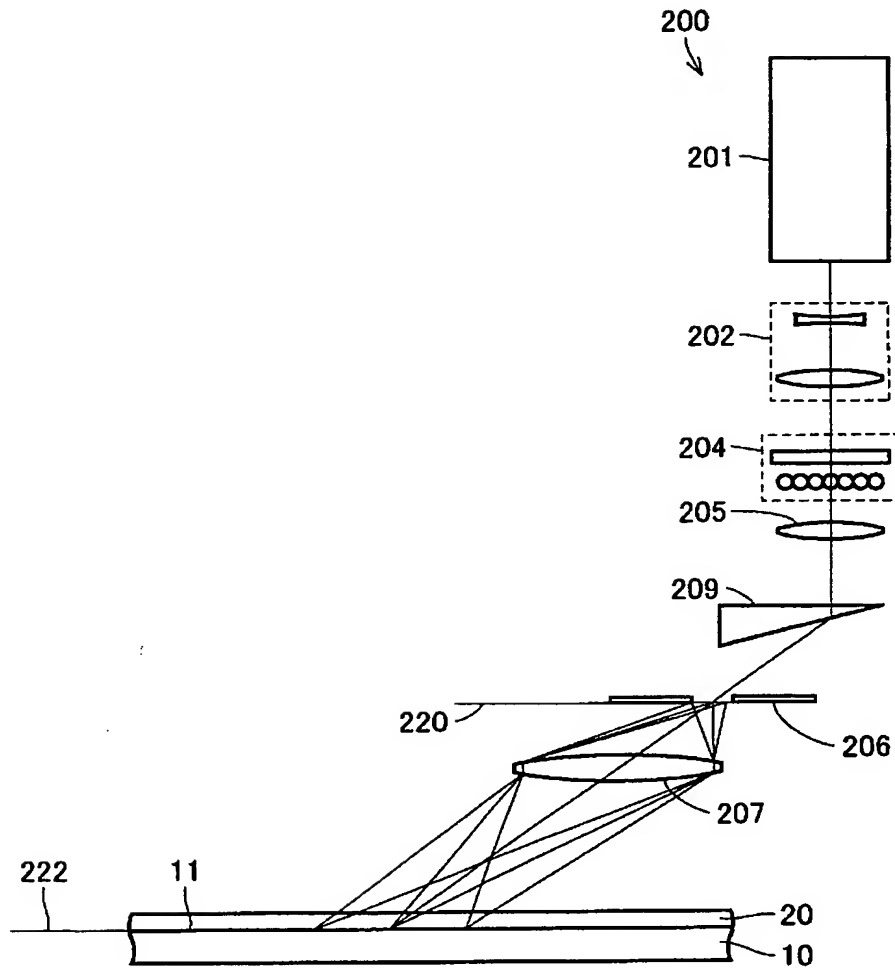
【図 15】



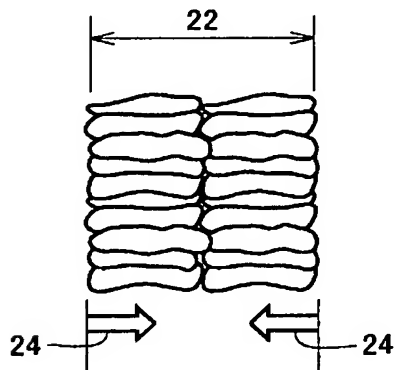
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大きな結晶粒を有する多結晶半導体薄膜が容易にかつ安定的に得られる結晶成長装置を提供する。

【解決手段】 結晶成長装置は、第1照射手段100と、第2照射手段200とを備える。第1照射手段100は、半導体薄膜20に選択的に第1のレーザ光110を照射し、スーパーラテラル成長法にて半導体薄膜20を結晶化させる手段である。第2照射手段200は、ガラス基板10に選択的に第1のレーザ光100よりも半導体薄膜20を透過し易い第2のレーザ光210を照射し、半導体薄膜20の結晶化予定領域を含む領域に対応する位置のガラス基板10を加熱する手段である。第2照射手段200は、第2のレーザ光210を出射するレーザ発振器201と、第2のレーザ光210が照射されて所望のアパーチャ像を成形する開口絞り板206と、アパーチャ像をガラス基板10の主表面に結像する対物レンズ207とを有している。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 5 3 3 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 0 4 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社